

# ISO 활동보고서 (ISSMGE TC 23: 지반공학한계상태설계법) 주관 학술세미나 지반구조물 차세대 신뢰성 설계법

이규환\*, 윤길림\*\*

“모처럼 만의 해외 학회 참가” 를 위하여 국립대만 과학기술대학에서 11월 2부터 3일까지 2일 동안 개최된 “차세대 설계코드에 관한 국제 심포지엄”에 참석하기 위해 새벽부터 택시와 기차, 버스를 갈아타고 영종도 신공항에 도착하였다. 지방 대학에 부임해온 이후 이런저런 이유로 국내에만 안주하였던 터라 국제 심포지엄에 참가한다는 생각으로 소풍가듯이 마음에 설레임이 가득하였다. 본 학회는 주로 지반구조물 설계코드에 대한 전문가들이 참여하는 소규모 학회로 국내에는 많이 알려지지 않은 관계로 금번 학회에는 ISSMGE-TC 23인 활동위원인 한국해양연구원의 윤길림박사와 인하대학교 석사과정에 재학 중인 김흥연 연구원이 참가하였다. 대만은 우리에게 문화나 역사적으로 친숙하고 매우 가까운 나라임에도 불구하고 우리 3명 모두에게는 첫 방문국으로 그 설레임이 더했다. 학회 전날 저녁 대만의 수도 타이페이에서 남녀노소 할 것 없이 줄지어 다니는 오토바이 출 퇴근 행렬도 한국에서는 볼 수 없었던 인상적인 광경이었다.

본 학회는 대만지반공학회, 국제지반공학회의 분과인 TC 23 (Limit State Design in Geotechnical

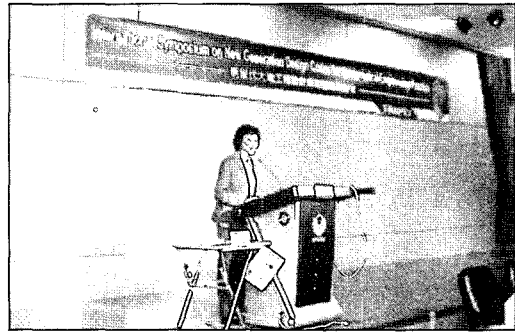


사진 1. 대만지반공학회장의 Prof. Lin의 인사말

Engineering Practice, ISSMGE), 대만 국립대학교, 대만과학기술대학교의 후원으로 개최되었다.

특히, 국제 지반공학회내 지반공학의 한계상태설계 소위원회인 TC 23 회장인 일본 기후대학의 Honjo교수와 싱가포르 국립대학의 K.K Poon교수의 주도 아래 개최되었다. 국내 지반공학분야에서는 지반구조물에 대한 신뢰성 설계 및 설계코드(Design Code)에 대한 연구가 일부 시작되었으며 “한국지반공학회”에서도 2006년 9월에 성능설계 기술위원회(회장 윤길림 박사)를 발족하여 매월 기술세미나를 개최하고 있다. 그러나 아직도 대부분의 학계 및 지반기술자에게는 친숙하지 않은 부분이 바로 지반공학 구조물 설계시 설계코드의 적용이다.

독자들의 이해를 돕기 위해 코드 설계 기준에 대

\* 건양대학교 토목시스템공학과 교수(khlee@konyang.ac.kr)

\*\* 한국해양연구원 연안항만사업단, 책임연구원

## 지반구조물 차세대 신뢰성 설계법

한 세계동향을 살펴보면 다음과 같다.

현재 세계 각국의 기술자 사이에서 논의되고 있고 국제적인 기술표준으로 자리 잡아 가고 있는 한계상태설계법(Limit State Design)에 대한 국내 연구는 아직도 초기단계라 할 수 있다. 국내 지반구조물 설계에 한계상태설계법을 도입하기까지는 다소의 시간이 걸리겠지만 이제는 우리나라도 기술기준의 국제 표준화에 대한 관심을 가지고 그 대책방안을 강구할 필요가 있다. 현재 우리나라의 항만설계기준에서 규정하고 있는 설계법은 내진설계기준을 제외하고는 결정론적 설계법으로 허용응력설계법이 주류를 이루고 있으며 콘크리트나 강재에 대해서 부분적으로 극한강도설계법을 사용하고 있는 것이 현실이다.

국제표준기구(ISO)는 스위스의 제네바에 본부를 두고 있고 1974년에 창설된 비정부 국제조직으로서 국가 간의 물물교역과 그와 관련된 행동 및 표준을 개발하는 것 또한 국가 상호간의 지적, 과학적, 기술적 및 경제적인 행동을 개발을 촉진시킬 목적으로 조직 되었다. ISO 설계표준 규정 중에서 건설 설계 분야와 직접적으로 관련 있는 것은 "ISO 2394"로 구조물 신뢰성에 관한 일반원리(General principles on reliability for structures)이다. 현재 국제적으로 토목 및 건축 구조물의 설계에 있어 실험과 설계에 대한 표준을 ISO 2394를 토대로 제정되고 있는 추세에 있는 것이다. 이러한 ISO 2394에서는 기본적으로 공용성 및 신뢰성을 기준으로 한 한계상태설계법을 채택하고 있다. 그러므로 구조물은 대상 구조물의 한계상태 조건에서 필요로 하는 공용성을 확보하는 차원에서 설계되는 것이다. ISO의 부속 위원회인 TC 250인 CEN(European Committee for Standardization)은 유럽 18개 국가로 구성되어 있으며 현재 구조물의 모든 분야를 다루는 유로코드

(Eurocode)를 개발하고 있다. 총 9개 부분으로 이루어진 유로코드도 공용성을 기준으로 한 한계상태설계법으로 기본으로 하고 있다. 9개 부분중에서 2장과 3장이 항만 및 해안구조물에 관련되어 있으며 7장이 지반구조물 설계에 대한 것이다.

미국과 캐나다를 중심으로 한 북미는 유로코드에 대응하여 현재 하중저항계수설계법(LRFD)을 개발하고 있는 상태이며 이 설계법은 미국의 연방도로국(AASHTO)의 설계기준으로 이미 채택되었고 그리고 빌딩과 구조물에 대한 미국 국립표준설계기준(ANSI)에도 포함되었다.

일본에서는 최근 Geover.21이라는 설계기준이 지난 10여 년간의 연구를 통하여 개정했으며 중국에서도 이미 지난 1989년 유럽코드를 중심으로 신뢰성 설계기준을 활용하고 있다. 우리나라에서는 콘크리트 및 강구조학회에서 일부 연구를 진행하고 있으며 지반분야에서는 최근 들어서 해양수산부 및 건설교통부의 주관 하에 일부 연구가 시작되었다.

본 학술발표회에는 13개국에서 31편의 논문이 발표되었으며 5명의 Keynote 강연과 8명의 초청강연이 있었다. 특히 논문 발표 후에는 한국, 중국, 타이완, 일본, 호주에서 참가한 연구자들에 의한 포럼발표가 있어 아시아 태평양 국가지역에 맞는 새로운

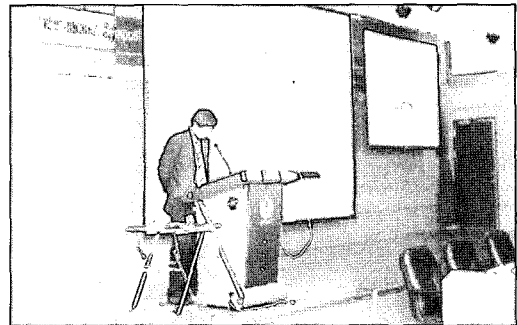


사진 2. 윤길림 박사의 주제발표



코드개발에 대한 열렬한 토의가 이루어 졌다.

Keynote Lectures는 세계적인 신뢰성 및 설계코드에 관한 대가인 캐나다의 D. E. Becker 미국의 H. H. Einstein 일본의 Y. Honjo 그리고 영국의 T. L. L. Orr 교수가 참여하여 LRFD, Risk Analysis, EURO 코드 등에 대한 발표가 있었다.

초청강연에서는 K. K. Phoon 교수의 Serviceability limit state reliability-based design 등 총 6명의 연구자들이 성능설계 및 각국의 설계코드와 관련된 주제에 대한 발표가 있었다. 그리고 6개 분야의 주제별 세션 발표와 더불어 대만이 자랑하는 현존하는 세계 최고층인 Taipei101 빌딩의 기초 구조물 설계에 대한 발표가 있었다.

학회발표 논문을 요약하면 다음과 같다.

- Session I: Code Concept and Harmonization
- Session II: Performance Oriented Geotechnical Analysis
- Session III: Geotechnical Reliability Analysis
- Session IV: Geohazards
- Session V: Engineering Practice and Challenges
- Session VI: Geotechnical Uncertainties and Variabilities
- Taiwan Special Project Series

마지막으로 일본, 홍콩, 싱가포르, 중국, 대만, 한국에서 각국의 설계기준에 대한 포럼 발표가 있었다. 한국에서는 한국해양연구소의 윤길림박사, 이규환교수, 김흥연 연구원이 공동저자로 참여한 논문인 "Introduction to international joint study of reliability-based design for port and harbor

structure" 논문 및 아시아 각국의 설계기준에 관한 포럼에서 윤길림 박사의 한국의 지반공학 설계코드 개발 현황과 전망이란 주제발표가 있었다.

오랜만에 참가한 이틀간의 비교적 짧은 학회였지만 많은 것을 배우고 느끼는 시간 이었다. 비록 참가 인원이 150여명 남짓한 소규모학회 이었지만 신뢰성 설계와 새로운 코드개발이란 주제로 공동의 관심을 가진 연구자들이 참여하여 어느 학회 못지않게 열정이 넘치는 학회였다. 학회중 기억에 남는 것은 대만 지반공학회 회장이 대만국립대 여 교수님인 Meei-Ling Lin이라는 점과 성대한 중국식으로 기대했던 점심을 실망스럽게도(?) 도시락으로 대신하였지만 격식에 억매이지 않는 실용적인 학회였다는 점등 많은 것을 배우고 느끼게 한 학회였다. 그리고 이틀간의 공식 및 비공식 만찬과 교류를 통해 논문으로만 만났던 세계 유수의 학자들과 격이 없이 친구처럼 대화하고 의견을 교환할 수 있는 기회를 가지면서 다시금 세계화 국제화의 중요성을 느끼는 계기가 되었다.

목요일과 금요일 양일간의 학회일정을 마치고 또 다시 국제 항만국제회의에 참석하기 위해 일요일 일본행 비행기에 몸을 실어야 하는 해양연구소 윤길림 박사의 일정으로 귀국시 까지 하루 동안의 여정이



사진 3. 학회 종료 후 싱가포르 대만, 중국, 일본의 설계기준개발자와의 다과모임

## 지반구조물 차세대 신뢰성 설계법

생겨 대만을 이모저모를 알아 볼 수 있는 기회를 가졌다. 마침 윤길림 박사가 과거 H건설에서 근무한 인연으로 대만 고속철도 건설현장에서 6년간 대만의 새역사 창조에 이바지 하고 있는 박옥영 소장님과 공무를 맡고 있는 김기영 과장님과 하루를 함께 할 수 있는 시간을 가졌다. 또한, 한국에서 유학중인 유학생이 여행가이드로 동반하여 대만의 역사, 문화 및 풍습등과 특히, 평소 피부로 느낄 수 없었던 동남아에서 볼수 있는 “한류열풍”의 원인 등에 대한 이야기를 들을 수가 있었다. 이 또한 해외학회에 참가

하면서 얻을 수 있는 기쁨이자 즐거움이였다.

최근 들어 대만국민이 자랑하는 것을 3가지만 들자면 아마 세계 4대 박물관중 하나인 “대만 국립중앙박물관” 그리고 세계 최고층인 Taipei101 빌딩 그리고 또 하나는 개통을 얼마안남은 고속철도일 것이다. 대만은 아시아에서 일본과 한국 다음으로 고속철도를 건설하고 있으며 금년 12월 7일 개통식을 앞두고 있다.

한국과 마찬가지로 대만도 교통난과 물류비용의 증가에 따른 어려움을 극복하기 위해 1990년대 초 수도인 타이페이와 카오슝간 345km 구간을 연결해 구토 서해안을 종단하는 고속철도 계획을 마련하였다. 대만고속철도는 총공사비가 약 미화 150억불로 사업추진은 BOT방식으로 민간자본을 유치하여 건설이 완료된 후 30년 동안 운영하여 투자비를 회수할 수 있게 하였다. 대만고속철도는 총 12개 공구로 구분하여 공사가 진행되었는데 일본업체 3개 공구, 한국업체 3개 공구 (H사 2, S사 1), 유럽업체 3개 공구, 현지업체 3개 공구로 나누어 공사를 하였다.

하루 동안의 짧은 여정동안 대만여행을 함께 한 박옥영 소장님을 통해서 대만 건설문화에 대한 많은 이야기를 들을 수가 있었는데 대만의 건설문화는 국내와 유사한 점도 많은 것을 알 수 있었다.

대만의 경우, 지진위험이 항상 상존해 있고 국토의 경우 대부분 산악지형과 연약지반으로 구성되어 있으며 잠재적으로 용암이 분출할 수 있는 수도인 타이페이 인근 양명산의 유황온천등 지반공학적으로 지반조건이 상당히 악조건을 가지고 있다는 점에서 비교적 양호한 국내의 지반조건과 비교가 되었다. 고속철도 공사의 경우 영국업체에서 감리를 하여 기술적으로 상당히 어려운 점도 많았지만 짧은 기간에 성공리에 공사를 마칠 수 있었다. 특히 국내

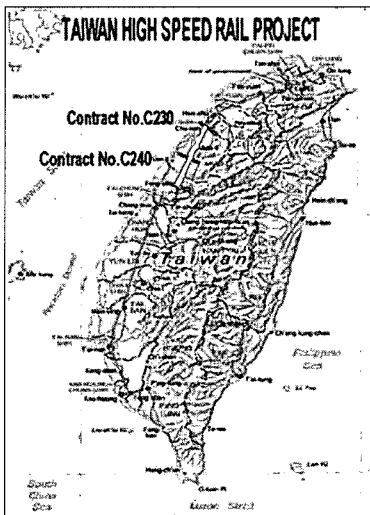


그림 1. 대만고속철도 노선도



사진 4. 타이페이 근처 양명산 유황온천

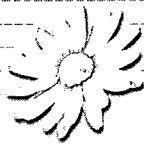


사진 5. 대만국립박물관 앞에서

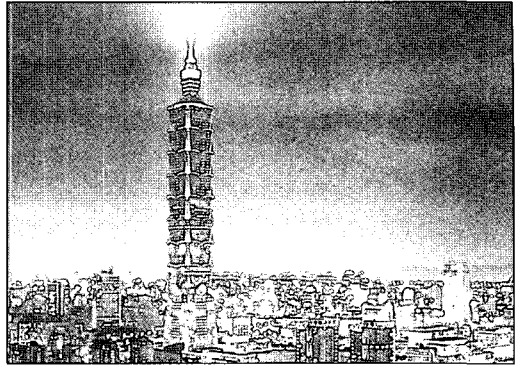


사진 6. 세계최고 높이의 Taipei 101 빌딩

에는 아직 보편화 되어있지 않은 클레임제도에 관한 이야기를 통해 국내 건설업 문화를 다시금 돌이켜 보는 계기가 되었다.

세계 어느 나라치고 박물관이 여행명소가 아닌 곳이 있겠는가마는, 타이베이의 박물관은 더욱 주목되는 곳이다. 역대 중국 황실이 대대적으로 소장했던 자기·옥기·서화·조각 등 진귀한 보물 62만여 점을 간직한 고궁박물관이 있기 때문이다. 장개석 총통 시절인 1965년 타이베이시 스린 와이샹시에 만들어진 고궁박물관은 런던의 대영박물관, 파리의 루브르박물관, 뉴욕의 메트로폴리탄박물관과 함께 '세계 4대 박물관'으로 꼽히고 있다. 뿐만 아니라 중국문화, 즉 동양문화 유산의 정수만을 모아 놓은 집산지라 해도 과언이 아니다.

그러나 대만 박물관에 전시된 세계지도에 우리나라가 과거 한족(Han Dynasty)로 표시된 그림을 누군가 볼펜으로 옛 발해 땅을 경계로 선을 그어 놓은 것을 볼 수 있었다. 물론 한국관광객의 애국심의 발로써 여겨졌지만 최근 논란이 되고 있는 동북공정(東北工程)이 떠올라 마음 한편으로 씁쓸함을 감출 수가 없었다.

Tapei101 빌딩은 현존하는 세계 최고층 건축물로

대만이 자랑하는 명물중 하나이다. 물론 삼성건설이 두바이에서 시공 중인 버즈두바이 150층짜리 건물이 완공되면 최고의 자리를 내주어야 하지만 아직까지는 세계 최고 빌딩의 자리를 차지하고 있다. 연약지반이고 지진이 많은 타이페이에 세계 최고의 빌딩을 지었다는데 대만인들의 도전정신을 엿 볼 수가 있었다. Taipei101 빌딩의 기초는 지하 80m에 달하는 말뚝으로 가장 깊은 것은 암반아래 30m까지 관입한 360여개의 대구경 현장타설 말뚝과 2500년 주기의 대지진에 견딜 수 있도록 구조설계를 하였다. 특히, 관람객이 직접 볼 수 있도록 85층에 설치된 직경 5.5m, 중량 660톤의 세계 최대 최고중량 풍속감쇠기는 인상적이었다. 본 학술대회 참가자들은 2007년 7월 일본 동경대학교에서 개최되는 International Conference on Application of Probability and Statistics in Civil Engineering (ICASP-10) 학술회의에서 다시 만날 것을 기약하며 학술대회의 막을 내렸다.

우리나라에서도 이제 한국지반공학회에 성능중심 신뢰성 설계 연구위원회가 발족하였으므로 이르면 2008년에 국내에서도 신뢰성 설계 및 지반코드설계에 대한 국제학술대회의 개최되기를 희망해 본다.